

Probleme bei der Erstellung und Beurteilung
von Fernröntgenaufnahmen des Schädels
in der Norma frontalis
unter besonderer Berücksichtigung
des Fernröntgenwinkelgerätes

Josef Arnold

1982



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549008_0001

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Universität München
Direktor: Professor Dr. Arnulf Stahl

Probleme bei der Erstellung und Beurteilung von Fern-
röntgenaufnahmen des Schädels in der Norma frontalis
unter besonderer Berücksichtigung des Fernröntgen-
winkelgerätes

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwigs Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von
Dr.med.dent. Josef Arnold
aus
Ingolstadt

München
1982

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter : Professor Dr. A Stahl

Mitberichterstatter :

Dekan : Professor Dr. W. Spann

Tag der mündlichen

Prüfung : 25. November 1982



DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Historische Entwicklung	3
2.1. Die anthropologischen Indices	6
2.2. Bedeutung der Photostatik und Gnathostatik	10
2.3. Bedeutung der Entwicklung der Fernröntgen- aufnahme	14
3. Die Fernröntgenaufnahme in der "Norma frontalis"	16
3.1. Probleme bei der Fernröntgenaufnahme in der posterioren - anterioren Projektion	16
3.1.1. Reproduzierbarkeit	17
3.1.2. Röntgenologische Technologie	25
3.1.3. Kephalometrische Auswertungsmöglichkeiten und Methoden	26
4. Eigene Untersuchungen	37
4.1. Auswertungsverfahren zur posterioren - anterioren Projektion	37
4.2. Röntgenuntersuchungen an einer Fernröntgen- anlage mit zwei Strahlungsquellen in zwei Projektionen	46
5. Besprechung der Ergebnisse	59
6. Zusammenfassung	62

1. Einleitung

Neue Technologien und subtilere Kenntnisse physikalischer und chemischer Vorgänge versetzen uns heute in die Lage, auf unblutige Weise, genaue Kenntnisse von allen Bereichen unseres Organismus zu erlangen.

Die wichtigste Methode, auf nicht invasive Art und Weise dieses Wissen zu erhalten, bietet uns die Röntgenologie. Durch sie erlangen wir, direkt oder indirekt, wie durch eine Trepanation oder Laparatomie, Einblick in Räume deren Physiologie und Pathophysiologie für den Therapeuten von vitalem Interesse ist.

Schon die klinische Betrachtung des Schädels läßt in jedem, der sich der morphologischen Veränderungen bewußt ist, den Wunsch erwachen, die in der Tiefe liegende Struktur und deren Dynamik zu erfassen.

Es scheint heute undenkbar, besonders in Disziplinen wie der Anthropologie, der Neurochirurgie, der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, der Pädiatrie oder der Zahnheilkunde, und hier in besonderem Maße der Kieferorthopädie und Kieferchirurgie, ohne die Röntgenologie auszukommen. So sind zum Beispiel kephalometrische Studien, die sich allein auf die bedeckenden Weichteile des Kopfes beziehen, unvollständig und in ihrer Aussagekraft stark limitiert. Schon die phy-

siologische Variation des Kopfes ist durch Ernährungszustand, Alter, Geschlecht, Erbfaktoren, Rassenzugehörigkeit enorm groß, hinzu kommen noch pathologische Zustandsbilder, die Sachverhalte verschleiern oder Unwesentliches über Gebühr in den Vordergrund heben können.

In der Pädiatrie zum Beispiel orientiert sich der Kliniker mit Einschränkung noch heute am Schädelumfang und stellt unzulässiger Weise eine Verbindung mit dem ebenfalls einer hohen Variabilität unterliegendem Brustumfang her. Diese Circumferenzmessungen des Schädels bringen keine weitergehenden Aufschlüsse als der klinische Aspekt, da zweidimensionale Verhältnisse ungenau, und dreidimensionale überhaupt nicht wiedergegeben werden. Es ist nach heutigen Maßstäben unverständlich, daß noch vor 30 Jahren über Wert oder Unwert des Fernröntgenbildes in der norma lateralis und der norma frontalis diskutiert wurde, ist es doch gerade die Röntgenologie, die in vielen Fällen die Diagnostik beherrscht und die Therapie determiniert.

2. Historische Entwicklung

Den im vorhergegangenen Kapitel angeführten ärztlichen Fachgebieten ist es im Wesentlichen zu verdanken, daß wir heute über detaillierte morphologische und wachstumsdynamische Kenntnisse verfügen, die uns die Schlüssel für gezielte Interventionen in allen sich mit dem Neuro- und Splanchnocranium befassenden Fragen geben.

Dokumentierte wissenschaftliche Untersuchungen, die sich mit Form und Proportionen des menschlichen Kopfes und Schädels befassen, reichen zurück bis ins Mittelalter. Es handelt sich hierbei um Arbeiten, die sich von karikierenden Darstellungen von Schädelform und Physiognomie unterscheiden. Später, etwa ab dem 18. Jahrhundert, wurden derartige Darstellungen vorwiegend herangezogen, um die Phylogenese des Menschen aufzubauen und um weltweite Rassenvergleiche anzustellen.



Abb. 1 : Karikierende Gesichtsmorphologie
(a) beim Phlegmatiker, (b) Choleriker,
(c) Sanguiniker, (d) Melancholiker (aus
Lavaters Physiognomische Fragmente)

Mindest seit den craniometrischen Untersuchungen von Camper (1791) über den "Gesichtsverlauf von Menschen verschiedener Länder und unterschiedlichen Alters", sind die Anthropologen an der ethnographischen Determination der Gesichtsform und des Wachstumsmusters interessiert.



Abb. 2 : Der Gesichtswinkel des Petrus Camper
(nach Camper 1792)

Die Anthropometrie fand im menschlichen Kopf eine Quelle für eine Fülle von Informationen. Durch das Studium verschiedener ethnischer Gruppen in unterschiedlichem Lebensalter, männlicher und weiblicher Individuen, und die Vermessung der verschiedensten Schädelabschnitte sowie der Dokumentation der wachstumsbedingten Veränderung von Form und Lokalisation von Schädelteilen war es möglich, bestimmte Normen zur Beschreibung des menschlichen Schädels zu erarbeiten.

Die Nachteile der Untersuchung anatomischer Präparate wurde sehr bald offenkundig. Unkenntnis über die Herkunft des Untersuchungsmaterials, über Alter und andere wichtige Kriterien ergaben unbefriedigende Untersuchungsergebnisse. Trotz dieser Nachteile wurde vieles, was wir heute über Gesichtstypen, Wachstum und entwicklungsbedingte Veränderungen wissen, zuerst in der anthropologischen Literatur, durch anatomisch-pathologische Untersuchungen bekannt.

2.1. Die anthropologischen Indices

Die Anthropologie war es auch, die schon immer und als erste Indices verwandte, die den menschlichen Körper sowohl als Ganzes als auch in seinen Teilen beschrieben, wobei jeweils ein Teil durch das Verhältnis zweier Maße ausgedrückt wurde. Durch dieses Vorgehen erhielt man unter anderem auch Indices für den Schädel und das Gesicht.

Die allgemeine Formel für derartige Indices lautet:

$$\text{Index} = \frac{\text{kleineres Maß} \times 100}{\text{größeres Maß}}$$

Es sollen hier aus einer Fülle von Indices nur einige wenige sehr bekannte, beispielhaft angeführt werden.

Der Schädelindex von Garson (14), auch Längen-Breiten-Index des Kopfes genannt, errechnet sich wie folgt:

$$\frac{\text{größte Kopfbreite} \times 100}{\text{größte Kopflänge}}$$

Man unterscheidet dolichocrane, mesocrane, brachyocrane Schädel und nennt die gleichen Relationen am Kopf dolichocephal, mesocephal und brachycephal.

Die Gesichtsformen werden in der norma frontalis ebenfalls nach Indices klassifiziert. Sie werden euryprosop, mesoprosop und leptoprosop bezeichnet. Selbstverständlich werden in der Literatur und im wissenschaftlichen Sprachgebrauch eine Anzahl analoger Nomenklaturen benützt, die dieselben breit-, mittel- und langgesichtigen Formen beschreiben. Als weiteres Beispiel sei hier der GesichtsindeX nach Kollmann (22) angeführt, bei dem die Gesichtsbreite zur Gesichtshöhe in Bezug gesetzt wird:

$$\frac{\text{Gesichtshöhe} \times 100}{\text{Jochbogenbreite}}$$

Kollmann 1992

Facial Index, (total)

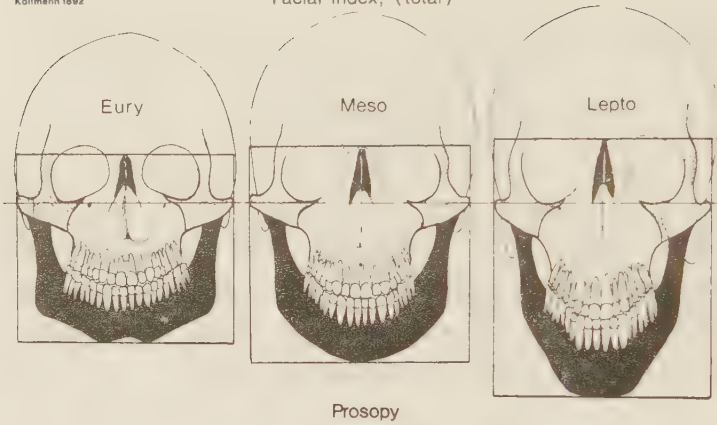


Abb. 3 : Morphologischer Gesichtssindex nach Kollmann
(nach Bimler 1973)

Garson 1988

Cephalic Index

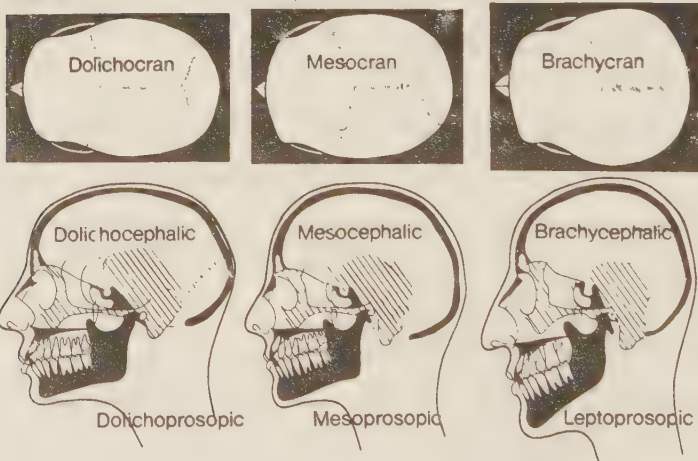


Abb. 4 : Schädelindex nach Garson(14)

Durch die Berechnung der Schädelindices macht man sich von den absoluten Maßverhältnissen unabhängig und erhält vergleichbare Unterlagen für die groben Formverhältnisse. Bis zur Jahrhundertwende ist die klinische Untersuchung mit direkten und damit schwierigen und ungenauen Messungen einziges Mittel einer sehr begrenzten Diagnostik. Zur Bestimmung der Kopfmaße und des Schädelskeletts wurden in der Hauptsache Gleit-, Taster-, Stangenzirkel und Bandmaß verwendet.

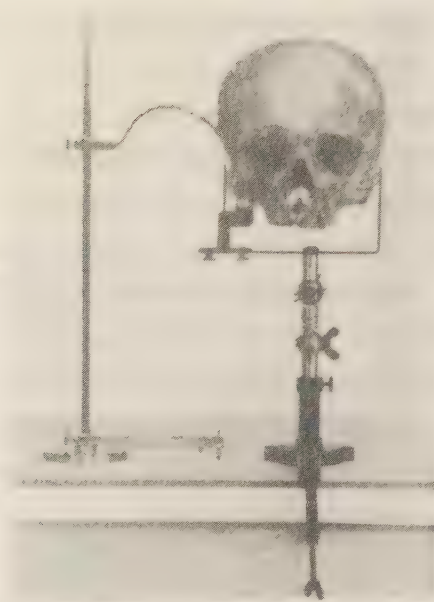


Abb. 5 : Kubuskraniophor nach Saller (35) mit Diagraph zur Fixation, Orientierung und Registrierung eines Schädels.

2.2. Bedeutung der Photostatik und der Gnathostatik

Durch den Wunsch nach Reproduzierbarkeit von Meßergebnissen und vergleichenden Untersuchungen, wurde schließlich die metrisch auswertbare Photographie eingeführt, sozusagen als Zwitterstellung oder prä-röntgenologisches Hilfsmittel. Von Angle(2) und Jung(19) wird gleichzeitig vorgeschlagen, vor und nach einer kieferorthopädischen Behandlung, ein Profil- und Enfacebild anzufertigen. Photographien sind ein exzellentes Hilfsmittel die Balance zwischen den einzelnen Gesichtsbereichen, dem Gesichtstypus und der Harmonie der Weichteilbedeckung, abzuschätzen.

Es wurde auch die Forderung erhoben, die Lichtbilder unter standardisierten Bedingungen zu erstellen, sodaß die Anforderungen der Vergleichbarkeit erfüllt wurden. Häufig wurde diese sogenannte Photostatik (P.W. Simon(42), 1919) mit der Gnathostatik verbunden, das heißt, Photos und Kieferabgüsse aus Gips wurden nach bestimmten Ebenen und Linien orientiert, wie zum Beispiel der Ohr-Augen-Ebene, der Raphe-Median-Ebene und der Orbitalebene, um dentocranielle Beziehungen des Gesichtsschädels zu erfassen.

Kurioserweise wurde das erste Aufnahmegerät von A. Bertillon für die Kriminalistik entwickelt. Die Bilder wurden im Sicherheits- und Erkennungsdienst benützt ("portrait parlé).

Analog zur später zu betrachtenden Röntgendiagnostik finden wir auch bei der photographischen Wiedergabe des Gesichts, daß zunächst der Betrachtungsschwerpunkt auf der Profilaufnahme lag. So bezeichnete A. Kantorowicz(21) das Profilbild als entscheidend für seine diagnostischen Ausmessungen, und Simon(43) greift erst als er zunehmend an die Grenzen der Aussagekraft des Profilbilds gerät, auf das Enface-Bild zur Ergänzung zurück.

Eine sicherlich nur aus der Zeit zu verstehende Aussage machen V. Andresen und K. Häupl(1) wenn sie die Ansicht vertreten, daß das Fernröntgenbild und die Photo- und Gnathostatik für den praktischen Kieferorthopäden als therapeutisches Hilfsmittel von geringer Bedeutung sind. Den ihr gebührenden Platz in der Diagnostik bekommt die Enface-Aufnahme in den 50er Jahren eingeräumt. Izard(20) beschäftigte sich sehr intensiv mit Frontalbildern und reduzierte die sich ergebenden Formen auf eine Palette von geometrischen Formen, wie trapezförmig, viereckig, dreieckig, rechteckig, rund, oval und so weiter. Ergänzend zu diesen Gesichtsformen lassen sich hier noch die kranioskopischen Typen anführen. Izard(20) setzt sich auch in der Vertikalen mit der frühen Einteilungsform, dem sog. Gesichtskanon, auseinander, und weist schließlich auf die im Frontalbild sehr schnell offenkundig werdende Erscheinung der Asymmetrie hin. Hierbei beschreibt er die "einfache" das Gesicht nahezu jedes Menschen betreffende Asymmetrie und eine Asymmetrie mit Seitenabweichung des Kinns.

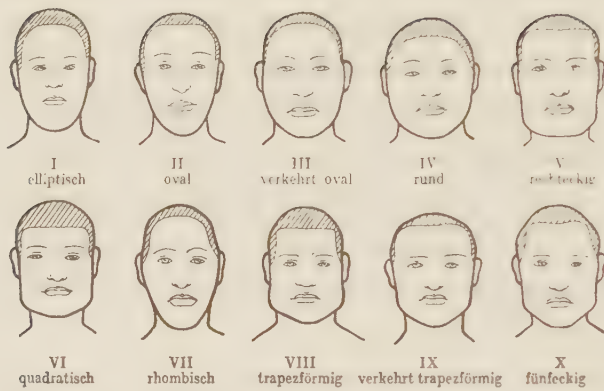


Abb. 6 : Verschiedene auf geometrische Formen reduzierte
Gesichtsformen (nach Pösch, zit. n. Saller(35))

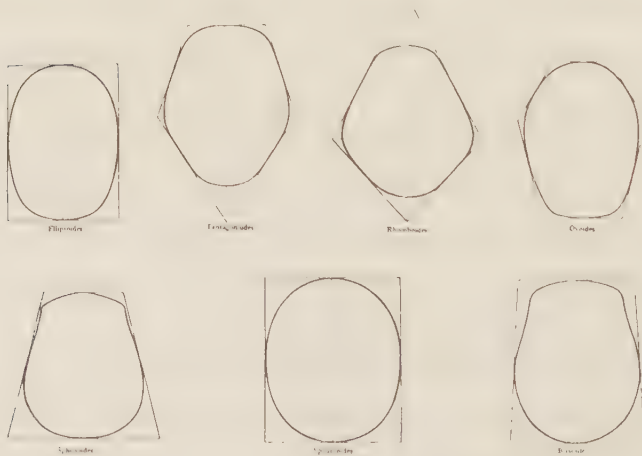


Abb. 7 : Kranioskopische Typen (nach Sergi, zit. n. Saller(35))

In jüngerer Zeit beschäftigten sich Dausch-Neumann (9), W. Hoffmann (19) und H. Strauß (zit. n. Hoffmann) mit der Photostatik, wobei das von Strauß konstruierte Tübinger Photostatmodell verwendet wurde.

Die nach Simon (42) und Korkhaus (23) durchgeführte Photostattechnik wird auch das zweizeitige Verfahren genannt, da jeweils bei Profil- und Frontaleinstellung getrennte Aufnahmen notwendig sind. Im Gegensatz dazu kann mit dem von A. M. Schwarz (39) wiedereingeführten Verfahren durch Benutzung von Spiegeln, mit einer Aufnahme Frontal- und Profilbild gewonnen werden. Selbstverständlich kann heute die Erstellung von Photoaufnahmen nicht mehr als Ersatz für die röntgenologisch-kephalometrische Untersuchung gesehen werden. Photoaufnahmen sind ein zusätzliches Hilfsmittel der Diagnose, neben der unentbehrlich gewordenen Röntgendiagnostik. Für die wissenschaftliche Untersuchung war die kephalometrische Röntgendiagnostik seit Broadbent und Hofrath (1931) unentbehrlich geworden. Die Herstellung handlicher Apparate haben die kephalometrische Diagnostik ab der Mitte der 60er Jahre auch der kieferorthopädischen Praxis zugänglich gemacht.

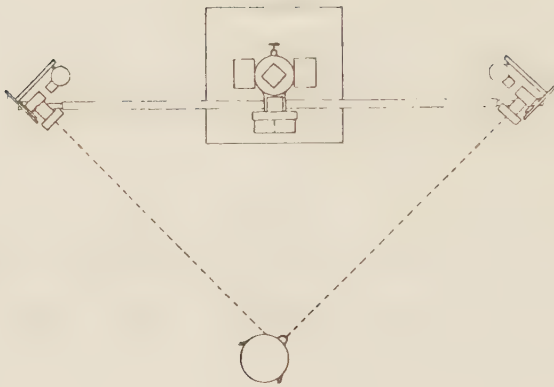


Abb. 8 : Das Tübinger Photostatgerät (schemat. Darstellung),
ein Zweikamera-System.

2.3. Entwicklung der Fernröntgenaufnahme

Bereits 1896 stellte Welker(49) Röntgenaufnahmen des menschlichen Schädels her, um die Kiefer - Gesichtsbeziehungen zu untersuchen. Dabei war der Fokus - Objekt Abstand 41,5 cm. 1922 wurden von Pacini(32) mit Hilfe von Röntgenaufnahmen anthropologische Schädeluntersuchungen durchgeführt. Nach seiner Methode, die er Röntgen-Ray-Anthropometry nannte, stellte er Aufnahmen aus 2 m Entfernung her. Der Schädel wurde dabei nach damals bekannten und üblichen craniometrischen Ebenen ausgerichtet. Zur gleichen Zeit untersuchte Carrea(7) ebenfalls menschliche Schädel mit Hilfe von Röntgenstrahlen, wobei er den Verlauf der Gesichtsmittellinie durch einen Bleidraht darstellte.

Schließlich veröffentlichte Hofrath (18) in Deutschland und Broadbent (6) in Amerika im Jahr 1931 Methoden zur reproduzierbaren Schädelröntgenaufnahme, wobei sie sowohl die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Röntgenologie beachteten als auch gleichzeitig die Problematik einer praktikablen Methodik lösten. Broadbent entwickelte zusätzlich ein Einstellgerät, um den Kopf so zu fixieren, daß Aufnahmen immer unter denselben Bedingungen wiederholt und miteinander verglichen werden konnten. Diese Art der systematisch, präzisen Messung biologischer Probleme entspringt der Arbeits- und Denkweise der Anthropologen, die speziell für das eigene Fachgebiet den Craniostaten entwickelten.

Aus der von Hofrath und Broadbent inaugurierten Untersuchungsmöglichkeit des Fernröntgenbildes, geht im wesentlichen unsere heutige, methodisch immer mehr durch Einstellgeräte und Auswertungsverfahren vervollkommnete Fernröntgendiagnostik hervor.

3. Die Fernröntgenaufnahme in der "Norma frontalis"

Es ist bemerkenswert, daß nahezu alle Veröffentlichungen, die sich mit der radiologischen Schädelmetrik befassen, feststellen, daß die frontale Fernröntgenaufnahme gegenüber der lateralen Aufnahme deutlich in den Hintergrund tritt. Sicherlich ein Grund dafür waren ganz einfach die sofort ins Auge fallenden sagittalen und vertikalen Diskrepanzen, zum Beispiel bei den eindrucksvollen Bildern der Klasse III oder Klasse II/1 nach Angle(2), die man im lateralen Fernröntgenbild vollständig zu erfassen glaubte. Es wurde dabei aber schon immer als Mangel erachtet, daß das Fernröntgenseitenbild nur zwei Dimensionen erfaßt. Durch eine 3. Dimension, wie sie durch ein frontales Röntgenbild eröffnet wird, wird die Vorstellung von A.M. Schwarz sicher verständlich, "das Gebiß im Schädel hinter den bedeckenden Weichteilen wie unter Glas liegen zu sehen". Die bedeutende Aussagekraft des in der norma frontalis hergestellten Fernröntgenbildes wird hierdurch hervorgehoben.

3.1. Probleme bei der Fernröntgenaufnahme in der posterioren - anterioren Projektion

Die Gründe, die für die Schwierigkeiten bei der Erstellung von Fernröntgenaufnahmen in der posterioren-anterioren (im folgenden "p - a" abgekürzt) Projektion verantwortlich sind, liegen einerseits auf der technischen Seite, anderer-

seits in relativ spät und zögernd erstellten kephalometrischen Konzepten. Hinsichtlich der Technik sei auf die Durchführung der Aufnahme beziehungsweise die Herstellung geeigneter Einstellgeräte (Kephalostaten) hingewiesen.

Es stellen sich schon bei oberflächlicher Betrachtung der Materie auf röntgentechnischer Seite zwei Problemkreise:

1. Die qualitativ genügende Wiedergabe des Objekts, hier des Schädels, mit Weichteilen, Knorpeln, ossären Strukturen und pneumatisierten Räumen.
2. Die unbedingte Reproduzierbarkeit.

3.1.1. Reproduzierbarkeit

Betrachten wir zunächst die Frage der Reproduzierbarkeit, da sie einmal prinzipiell gelöst, von fortschreitenden Technologien weniger abhängig zu sein scheint.

Verständlicherweise sind Hinweise und Beschreibungen von Einstellgeräten, die für das frontale Fernröntgenbild genutzt werden können, ebenso spärlich, wie Hinweise über das frontale Fernröntgenbild selbst.



Abb. 9 : Der Bolton - Broadbent Kopfhalter (6)



Abb. 10 : Der Bolton - Broadbent Kopfhalter frontal
(n. Moorrees, 1959)

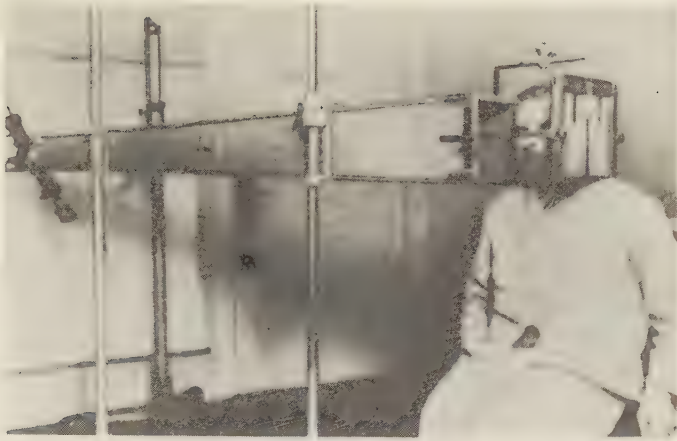


Abb. 11 : Die historische Fernröntgeneinrichtung
von Hofrath (1931)



Abb. 12 : Das Fernröntgen-Orientierungsgerät (frontal)
nach Korkhaus (1936)

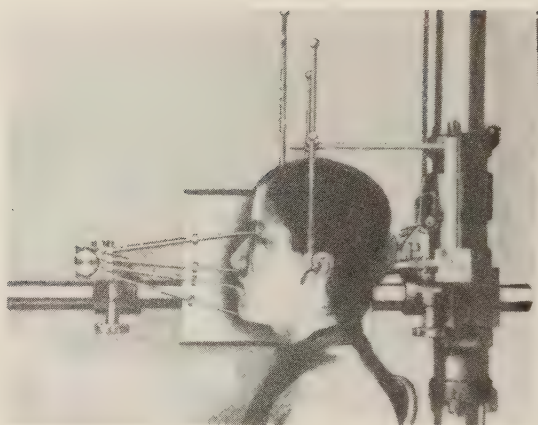


Abb. 13 : Das Fernröntgenorientierungsgerät (seitlich)
nach Korkhaus (1936)



Abb. 14 : Einfaches Einstellgerät bestehend aus Kunststoff-
rahmen, Brillengestell u. Dosenlibelle (re. sche-
mat.) nach Nawrath (1961)



Abb. 15 : Tübinger Einstellgerät (nach Hepburn, 1965)

Die abgebildeten Kephalostaten geben trotz ihrer verschiedenen technischen Lösungen alle beachtenswerten Kriterien wieder.

Zur p - a Aufnahme blickt der Patient, in aufrechter Haltung sitzend, geradeaus. Der Kopf soll so in Position gebracht werden, daß die Ohr-Augen-Ebene (44) horizontal verläuft. Ich weise ausdrücklich darauf hin, daß die als Frankfurter Horizontale bezeichnete anthropologische Bezugsebene, nicht der an den Weichteilen bestimmbaren Ohr-Augen-

Ebene entspricht (Stahl, 44). Nur diese ist für die später zu erläuternde Schädelorientierung von Bedeutung. Des weiteren werden die Traglazeiger auf die Ohrpunkte ausgerichtet beziehungsweise in das äußere Ohrloch eingeführt. Die Einstellung in der Medianebene und die gleichzeitige Abstützung des Kopfes wird durch die auf die Mitte der Nasenwurzel ausgerichtete Nasenstütze gewährleistet. Zusätzlich lassen sich noch Orbitazeiger, Kinnstützen, Abstützungen am os occipitale und weitere Fixationshilfen anbringen. Es ist sicherlich von untergeordneter Bedeutung wie im Einzelfall das Problem der Ausrichtung und Fixierung des Kopfes technisch gelöst wird, entscheidend ist allein die Orientierung des Patienten in drei Ebenen.

Es ist mit größter Sorgfalt darauf zu achten, daß die Median-Ebene zur Filmebene senkrecht steht. Die Orbitaebene und die Ohr-Augen-Ebene sollten selbstverständlich ebenso genau eingestellt werden, jedoch sind hier geringfügige Abweichungen von der gewünschten Stellung für die Bildauswertung in transversaler und vertikaler Richtung bedeutungslos. Bei der Ausrichtung in der Horizontalen gilt bei asymmetrischer Lage der Augpunkte der linke Augpunkt als Bezugspunkt.

Eine von Nawrath (31) angegebene Methode verlangt bei der Kopfhaltung eine anteriore und ventrale Neigung der Ohr-Augen-Ebene (Abb. 14). Diese Neigung soll verhindern, daß

sich der Kompaktaschatten der hinteren Schädelgrube in das Gebiet der oberen Molarenwurzeln projiziert. Ricketts (34) bringt 17 mm über dem Mittelpunkt der Tragiazeiger eine horizontale Markierung an, die bei richtiger Kopfpposition auf den äußeren Augenwinkel zeigen soll.

Senkrecht zum einfallenden Zentralstrahl befindet sich bei allen Methoden unmittelbar vor dem Gesicht des Patienten die Filmkassette. Der Film-Fokus-Abstand liegt in der Regel zwischen 150 bis 400 cm. Im Laufe der praktischen Anwendung hat sich ein FFA von 150 bis 200 cm als günstig erwiesen. Die Forderung nach möglichst weitem FFA ist bei Röntgenaufnahmen in der norma frontalis nicht von Bedeutung, da paarige Projektionen, die deckungsgleich darzustellen wären, in der p - a Richtung nicht vorhanden sind. Messungen von Strecken und Winkelwerten entsprechen, durch geometrische Gesetzmäßigkeiten der Zentralprojektion bedingt, nicht den tatsächlichen Werten. Man muß, will man eine nahezu identische Größenwiedergabe haben, entweder mit einem zur Verfügung stehenden Korrekturfaktor berichtigen, oder den FFA entsprechend vergrößern. Es ist uns heute möglich, mit den gebräuchlichen Einstellvorrichtungen, zeitlich auseinanderliegende Aufnahmen des gleichen Patienten, wenn gleiche Röntgendaten eingehalten werden, vergleichbar zu machen.

Es sollte in diesem Abschnitt nur ein Abriß über das Prinzip der zur p - a Projektion benutzten Kephalostaten gege-

ben werden. Es lassen sich Beispiele für sehr aufwendige nur für Kliniken sinnvolle Geräte anführen, als auch für solche, die wiederum so ungenügend und simpel arbeiten, daß sie den Grundvoraussetzungen nicht genügen.

Durch die Zahl der Röntgenapparate die einem Kephalostaten zugehörig sind, ergeben sich zwei unterschiedliche Funktionsweisen. Bei Modellen mit einem Röntgenapparat muß bei Umstellung der Aufnahme von einer lateralen in eine frontale Projektion die Vorrichtung neu orientiert werden. Bei Geräten mit zwei Strahlungsquellen, die in einem rechten Winkel zueinander angeordnet sind, kann der Patient, einmal orientiert, aus zwei Richtungen geröntgt werden. Mit zwei Röntgenapparaten ausgerüstet sind z.B. das Bolton - Broadbent Kephalometer (6) und ein in Bern (12) benützter und auch entwickelter Kephalostat. Die Halte- und Justier- vorrichtungen bei diesen beiden Geräten bestehen aus Tragial-, Infraorbital- und Nasionzeigern. Der FFA ist im Berner Modell 220 cm beim Bolton-Broadbent Kephalostaten 150 cm. Die übrigen Einstellgeräte, wie das von Korkhaus (Abb. 12) u. Hepburn (Abb. 15) oder die Anlage in Zürich (48) benützen nur einen Röntgenapparat. Die FFA schwanken zwischen minimal 80 cm und maximal 400 cm. Die Halte- vorrichtungen sind bei allen gleich oder sehr ähnlich, mit Ausnahme bei dem von Nawrath (31) entwickelten Kopfrahen, mit dem sich der Patient tastend an die Filmkassette annähert.

3.1.2. Röntgenologische Technologien

Es soll auf die qualitativ gleichwertige Wiedergabe des gesamten Schädels eingegangen werden. Auf Grund der fortschreitenden technischen Entwicklung sind Vergleiche mit früher angegebenen Methoden schwierig durchzuführen. Damals erarbeitete Werte lassen sich fast nie auf heutige Verhältnisse projizieren. Hinzu kommt, daß Parallelen durch die vom Gesetzgeber erlassene Röntgenverordnung nicht mehr gezogen werden können. Grundlegendes erarbeitete Nawrath (30). Aus damaliger Sicht waren bei der p - a Fernröntgenaufnahme zweifach höhere Expositionszeiten gegenüber der Lateralaufnahme notwendig, was in Zahlen ausgedrückt, eine Belichtungszeit bis zu zwei Sekunden bei 75 - 85 KV bedeutete. Hierbei ist darauf aufmerksam zu machen, daß der FFA bei Nawrath (30) 300 cm und bei Schopf (38) 200 cm betrug.

Die Kriterien für eine gute Aufnahme werden durch wenige Faktoren bestimmt: die Durchdringungskraft der Strahlen, die durch Spannung und Stromstärke bestimmt wird, die Expositionszeit, und das zu verwendende Filmmaterial beziehungsweise die dazugehörige passende Verstärkerfolie. Natürlich dürfen die geometrischen Funktionen, wie schon erwähnt, nicht vernachlässigt werden. Die Problematik der p - a Aufnahme wird durch die notwendige hohe Penetrationskraft der Strahlen und auf die Beherrschung der Nachteile, die sich dadurch ergeben, begrenzt. Ich werde bei

meinen Untersuchungen auf die in der Poliklinik für Kieferorthopädie verwendeten Alternativen und Lösungen eingehen.

3.1.3. Kephalometrische Auswertungsmöglichkeiten und Methoden

Als dritte Prämisse, eine sinnvolle Anwendung der p - a Projektion zu gewährleisten, stellt sich die Frage nach der Auswertung der technisch erarbeiteten Aufnahme. Hinweise können der Literatur entschieden seltener entnommen werden als für die laterale Aufnahme.

Davis (10), war der erste, der die p - a Aufnahme benützte, um Studien über die Nasennebenhöhlen zu erstellen. Schwarz (39) fertigte p - a Aufnahmen ohne Kopfeinstellgerät an, um Mittellinienabweichungen festzustellen. In seiner Methode gibt er eine transversale Orbitalebene, die Mediansagittalebene, eine Nasionsenkrechte und eine Gonionebene an. Ebenen, die zum Teil auch heute noch benützt werden. Margolis (27), Doering (11), Subtelny (47), Sassouni (37) und Woods (50) benützten die p - a Aufnahme für Wachstumsstudien. Außerdem beschäftigten sich Broadbent (6), Kulkarni (26), Korkhaus (25), Harvold (16), Dausch-Neumann (8), Schopf (38), Ricketts (34), Braun (5), Nawrath (31), Filt-huth (13) u.a. mit der Frontalaufnahme. Alle Autoren der neueren Zeit beziehen sich in ihren Ausführungen auf identische oder nur geringfügig abweichende Punkte, Linien und

Winkel. Sowohl in der europäischen als auch in der amerikanischen Literatur differieren die Auswertungen des p - a Bildes nur dann, wenn ganz spezifische Probleme zu lösen sind.

Ein anderes Bild der Auswertungsmethodik ergibt sich allerdings, wenn wir das zahnärztliche Fachgebiet verlassen und pädiatrische, neurochirurgische und halsnasenohrenärztliche Belange berücksichtigen. Naturgemäß wird von diesen Fachgebieten das Hauptaugenmerk nicht auf den Mund-Zahn-Kiefer-Bereich und dessen Interessen gelegt, sondern es steht mehr das Neurocranium oder der Gesamtschädel im Vordergrund.

Abbildung 16 zeigt Meßpunkte des Schädels wie sie, abgeleitet von der klassischen medizinischen Anthropologie, in den verschiedensten Teilbereichen der Medizin als Orientierungspunkte verwendet werden.

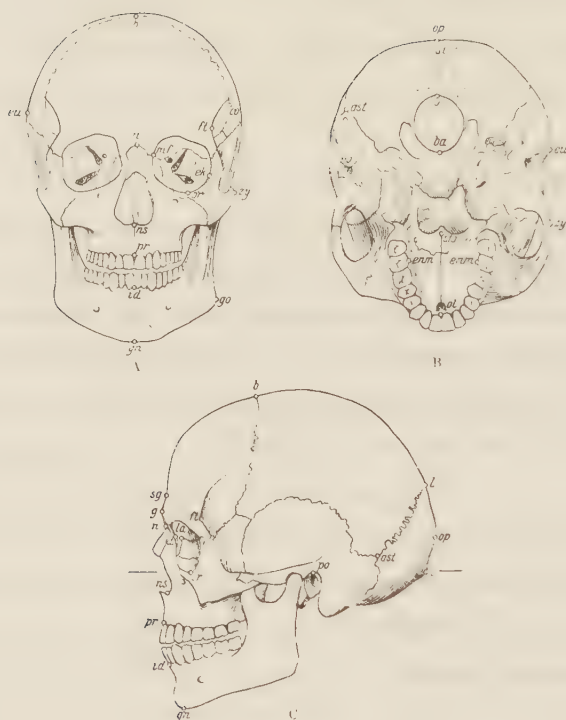


Abb. 16 : Schädelmeßpunkte nach Martin (28), 1928

Die am meisten verwendete zentrale Formation der Schädelvermessung ist der Sellamittelpunkt beziehungsweise das tuberculum sellae an der vorderen Sellakontur unterhalb des Processus clinoideus. Von dort aus werden Strecken zu den verschiedensten röntgenmarkanten Punkten im Bereich des Neurocraniums gemessen. Zusätzlich wird zur Abschätzung von Dyscranien das p - a Bild mit Messungen der trans-

versalen Durchmesser verwendet. Um dysproportionales Wachstum zu erkennen, werden zwischen den einzelnen Strecken zusätzlich Winkelmessungen durchgeführt.

Es darf als gesichert gelten, daß die Messtechnik an Caput und Cranium in der Anthropologie, und ganz speziell in der Kieferorthopädie am weitesten fortgeschritten ist. Trotz der schon angedeuteten Vielfalt von Auswertverfahren ist die Determination der einzelnen Punkte in der Kieferorthopädie die genaueste und wissenschaftlich fundierteste von allen sich mit Kephalometrie befassenden Disziplinen.

Es würde im Rahmen dieser Arbeit zu weit gehen, auf alle bekannten, oft nur von Einzelpersonen verwendeten kephalometrischen Auswertungsverfahren einzugehen. Ich möchte mich lediglich auf die gebräuchlichsten und auch von mir mitverwendeten Verfahren beschränken. Aus nachfolgenden Abbildungen sind die wichtigsten Bezugspunkte, Winkel und Geraden ersichtlich, die sowohl von deutschsprachigen als auch anglo-amerikanischen Kieferorthopäden benützt werden.

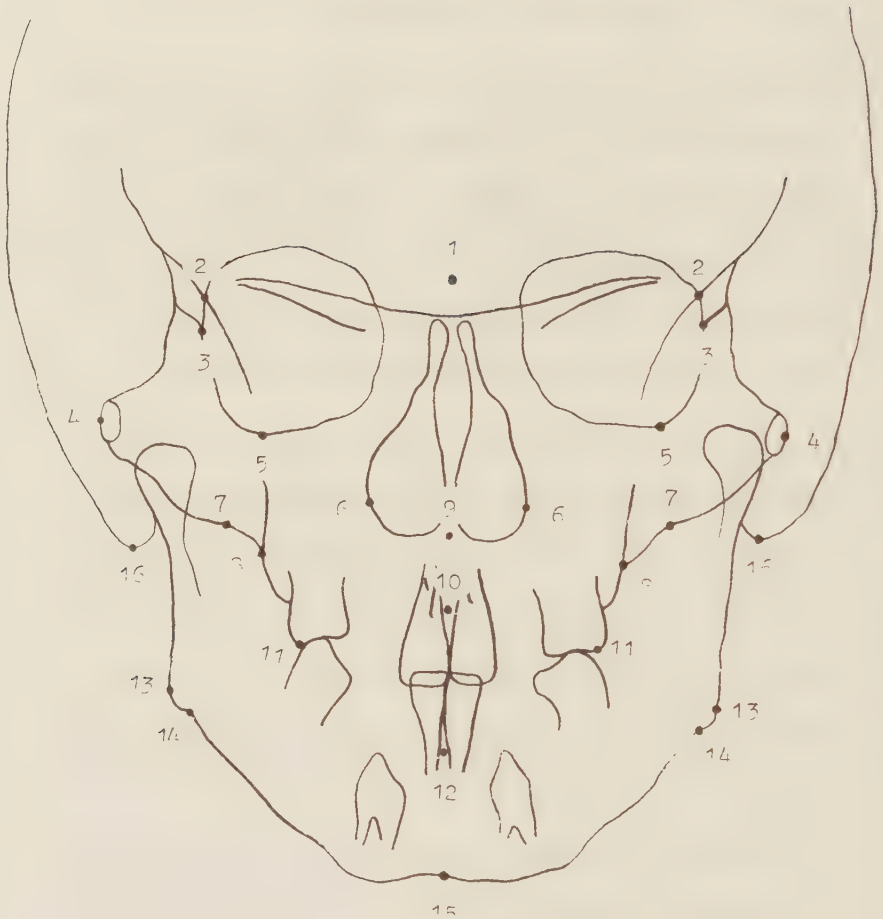


Abb. 17 : Schädelbezugspunkte am Röntgenbild wie sie bei
bisherigen Analysen Verwendung fanden.

Tabelle zu den in Abb. 17 markierten Punkten:

1. N - Nasion
2. Lo - Laterocraniale (N. Sassouni auch Lateroorbitale),
stellt den bilateralen Schnittpunkt zwischen dem
äußeren Orbitalrand und der schräg verlaufenden
Projektion (linea innominata) des großen Keilbein-
flügels dar.
3. ZL - Jochbein, li: Bilaterale Punkte, gelegen am Schnitt-
ZR - Jochbein, re: punkt des mesialen Randes der Sut.
zygomatico-frontalis mit den latera-
len Augenrändern.
4. Zy - Zygion: Lateralster Punkt der Jochbeinwurzel
5. Or - Orbitale
6. NC - Nase, li: Bilateraler Punkt am äußersten Rand der
CN - Nase, re: Nasenhöhle, an der breitesten Stelle, in
frontaler Ansicht.
7. C₁ - C₂: Bilaterale Punkte an der breitesten Stelle der
Oberkieferbasis vor dem Übergang in das os zygoma-
ticum gelegen. Begrenzungspunkte für die apikale
Basis des Oberkiefers.
8. JL - Oberkiefer, li: Bilaterale Punkte auf dem Jochbein
JR - Oberkiefer, re: am Schnittpunkt der Begrenzung der
Tubervorwölbung und des Jochbein-
pfeilers.
9. Nsp- Nasospinale

10. Pr - Prosthion

11. M_1 - oberer Molarenpunkt li: Gelegen auf der Spitze des

M_2 - oberer Molarenpunkt re: bucc. Höckers der oberen
ersten Molaren

12. Id - Infradentale

13. Go - Gonion

14. AG - Unterkiefer, li: Bilaterale Punkte am lateralen

Ga - Unterkiefer, re: Rand der Protuberantia masseterica

15. Gn - Gnathion

16. Ma - Mastoid

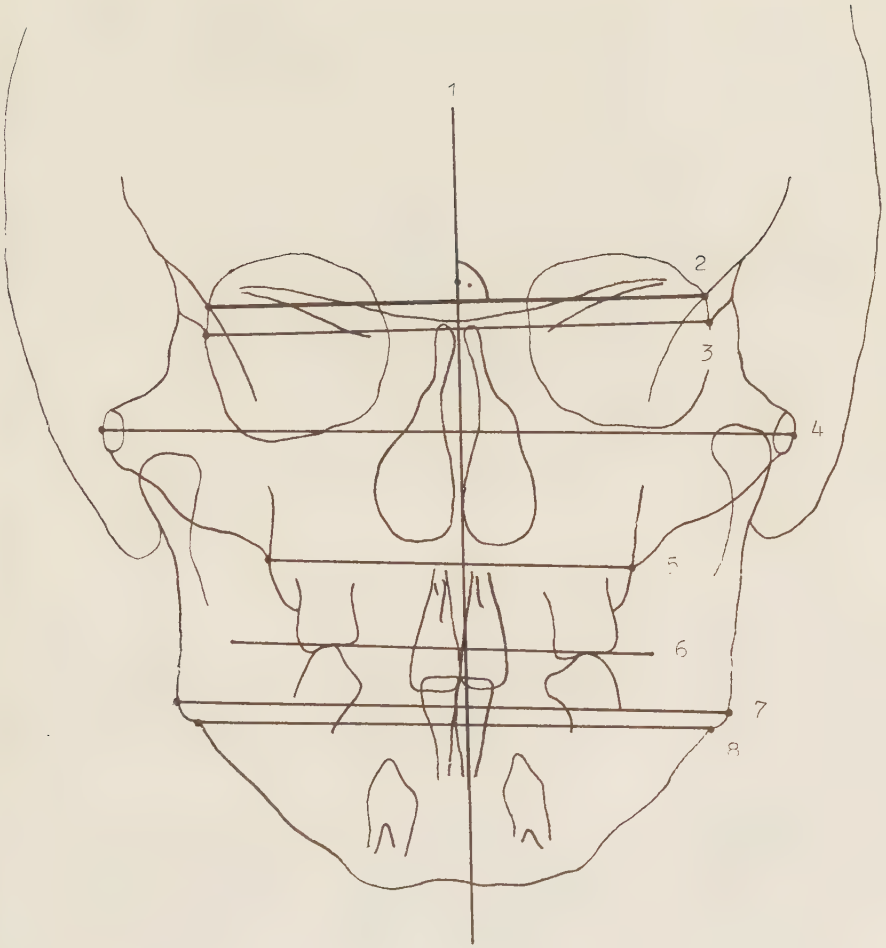


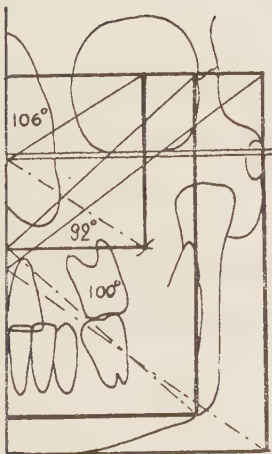
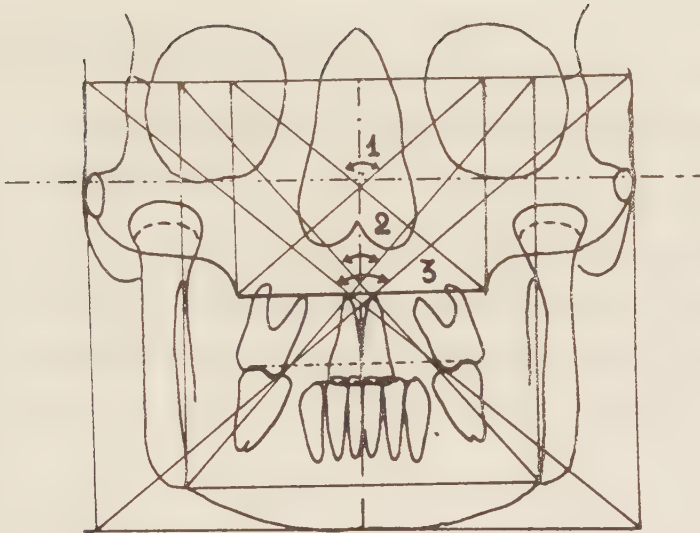
Abb. 18 : Referenzlinien aus bekannten Analyseverfahren.
Meßpunkte, die die Linien definieren, sind aus
Abbildung 17 zu entnehmen.

Die folgenden in der Abbildung 18 beschriebenen Meßstrecken werden durch die in Abbildung 17 wiedergegebenen Punkte definiert.

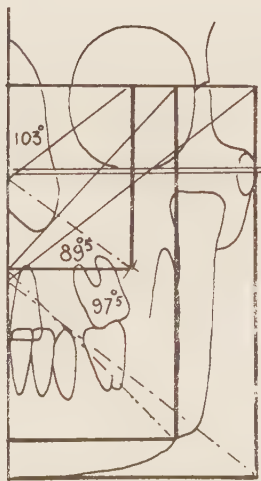
Abb. 18:

1. SME = Sagittal-Medianebene (definiert durch das Lot auf
die LC-Ebene durch Nasion)
2. LC-Ebene = Laterocranial- oder Lateroorbitalebene
3. Z-Ebene = horizontale Basisebene
4. Zygon-Ebene = Gesichtsbreitenebene vom äußersten Punkt
des proc. zygomat. front. bds. ausgehend
5. Oberkieferbasis-Ebene
6. Okklusal-Ebene = Okklusionslinie der Molaren
7. Gonion-Ebene ebenso wie
8. Frontale Kieferbasen-Ebene = frontale Unterkieferbrei-
ten-Ebene ausgehend vom
Kieferwinkel bds.

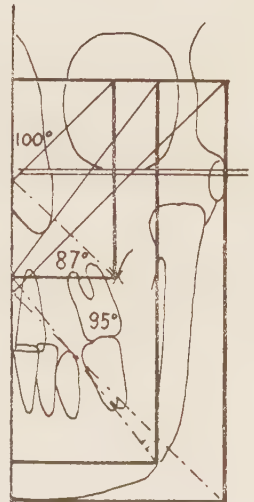
In Ergänzung der hier aufgezeigten Punkte und Ebenen geben die Autoren noch zusätzliche Korrelationslinien an, die die Beschreibung des Röntgenbildes mit detaillierten Aussagen vervollkommen.



BRACHIFACIAL



MESOFACIAL



DOLICOFACIAL

Abb. 19 : Frontalanalyse zur Abschätzung des Gesichtstypus und der Symmetrie nach Genone (15) 1981

Eine relativ einfache frontale Analyse hat Genone (15;1981) angewendet (Abb. 19). Die Analyse erlaubt die Harmonie oder die Symmetrie der einzelnen Gesichtsschädelbereiche oder das Gesichtsmuster (brachy-, dolicho- und mesofacial) zu beurteilen. Dies geschieht mit Hilfe von drei Rechtecken, deren gemeinsame Grundebene die "Z-Ebene" darstellt. Die Diagonalen dieser Rechtecke bilden miteinander Winkel, aus deren reziproken Verhalten die erwähnten Aussagen gemacht werden können.

4. Eigene Untersuchungen

4.1. Auswertungsverfahren zur posterioren - anterioren Projektion

Ich möchte nun im folgenden eine klinisch zweckmäßige Auswertung der p - a Fernröntgenaufnahme beschreiben. Die Analyse erfüllt die Anforderungen der kieferorthopädischen Diagnostik vollständig; sie ist übersichtlich und einfach.

Anhand des zur Verfügung stehenden Fernröntgenwinkelgerätes, das von Stahl (45) in der Abteilung für Kieferorthopädie der Universität Heidelberg im Jahr 1955 in Betrieb genommen wurde, wird die Auswertung der p - a Projektion auf der Grundlage früher gewonnener Erfahrungen vorgeschlagen. Die Analyse der p - a Projektion ist speziell auf die Belange des seitlichen Fernröntgenbildes abgestimmt.

Die dazu ausgewählten Punkte sind in der Abbildung 20 wiedergegeben.

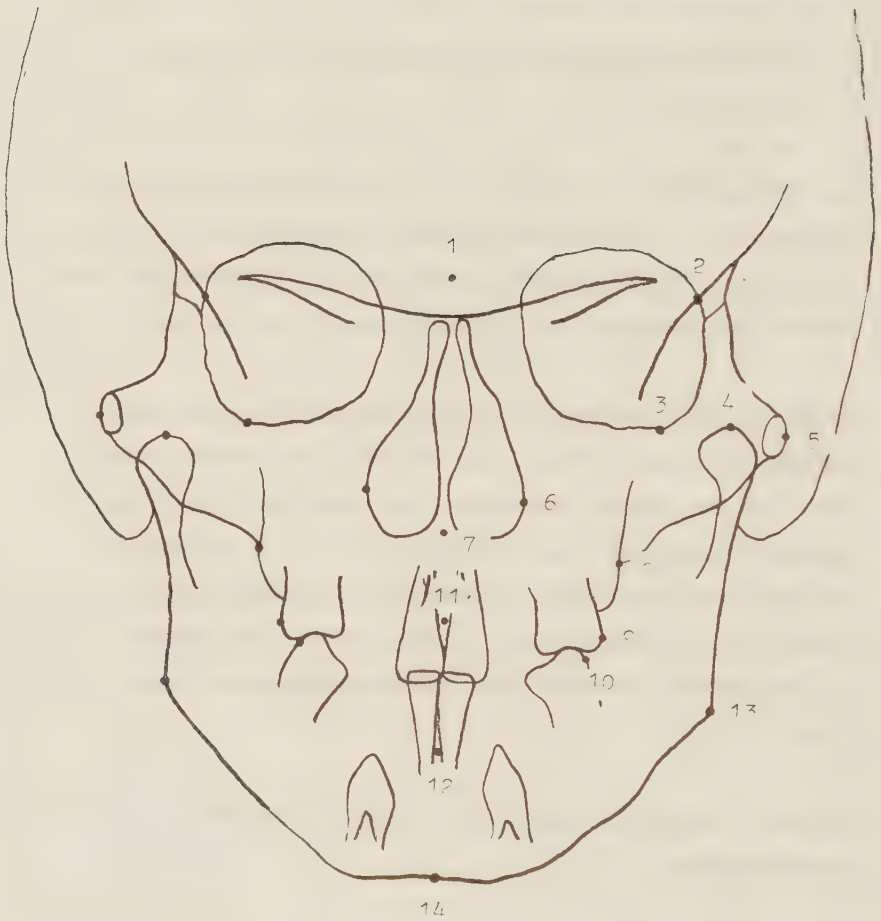


Abb. 20 : Ausgewählte Diagnosepunkte für ein vereinfachtes
Auswertungsverfahren

1. N - Nasion
2. Lo - Laterocraniale bezeichnet den Schnittpunkt zwischen dem Orbitalrand und der Linea Innominata.
3. Or - Orbitale
4. KK - Cranialster Punkt des Kieferköpfchens
5. Zy - Zygon bezeichnet den lateralsten Punkt des Jochbeins.
6. NC - Lateralster Punkt am Eingang des knöchernen Nasenkavums.
7. Nsp- Nasospinale bezeichnet den tiefsten Punkt am Unter-
rand der Apertura piriformis.
8. C - Begrenzungspunkt für die apikale Basis, gelegen an der breitesten Stelle der Oberkieferbasis vor dem Übergang in das Os zygomaticum.
9. MO - Oberkiefermolaren-Punkt, gelegen am bukkalstem Punkt der klinischen Krone des ersten Oberkiefermolaren.
10. MU - Unterkiefermolaren-Punkt, gelegen am bukkalstem Punkt der klinischen Krone des ersten Unterkiefermolaren.
11. Pr - Prosthion
12. Id - Infradentale
13. Go - Gonion
14. Gn - Gnathion

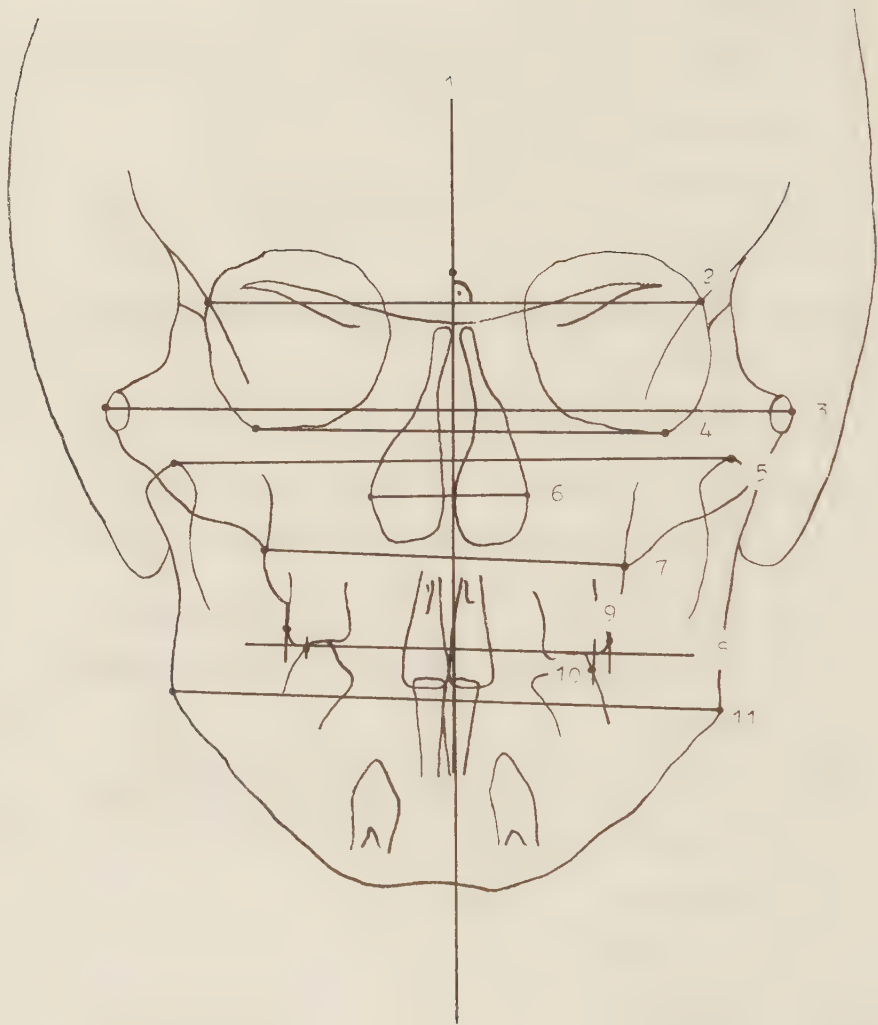


Abb. 21 : Ebenen und Abstandslinien die sich aus den vor-
gestellten Punkten ergeben

Ebenen zu den in Abbildung 20 vorgestellten Punkten, wie sie aus Abbildung 21 ersichtlich sind:

1. Sagittalmedian - Ebene (SME)
2. Laterocranial - Ebene
3. Zygion - Ebene
4. Orbita - Ebene
5. Kiefergelenks - Ebene
6. Nasenbreitenlinie
7. Oberkieferbasis - Ebene
8. Okklusal - Ebene
9. Molarenabstandslinie im Oberkiefer
10. Molarenabstandslinie im Unterkiefer
11. Bigonial - Ebene

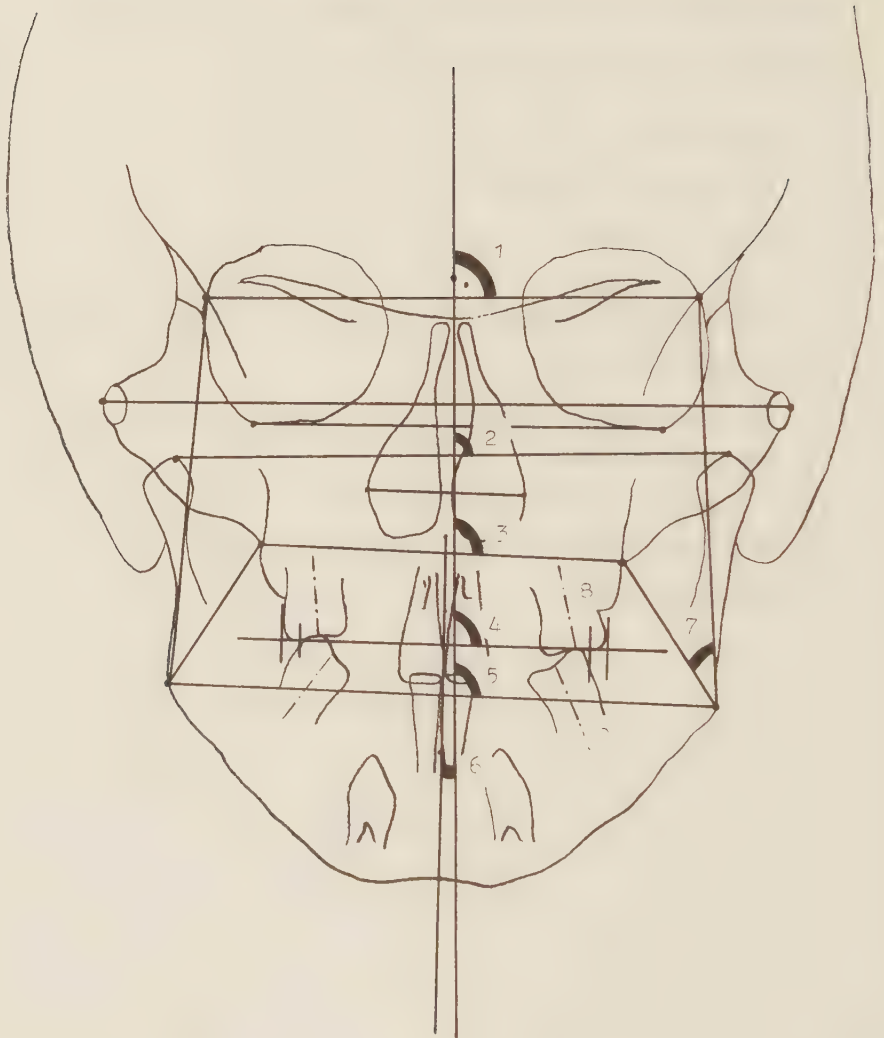


Abb. 22 : Gesamtbild der vorgestellten Analyse
(Meßpunkte vgl. Abb. 21)

Die Abbildung 22 zeigt alle für die Auswertung notwendigen Punkte und Geraden und die zusätzlich verwendeten Winkel

Im einzelnen sind dies:

1. Der Winkel den die Sagittalmedian-Ebene (SME) mit der Laterocranial-Ebene bildet. Dieser Winkel soll immer 90° betragen, da die beiden Ebenen das Koordinatensystem für die gesamte Analyse bilden.
2. Der Winkel den die Kiefergelenks-Ebene mit der SME bildet. Dieser Winkel zeigt einen relativen Kiefergelenks-hoch- oder Tiefstand im Vergleich zur Gegenseite an. Er läßt auch Aussagen über die Symmetrieverhältnisse am Unterkiefer zu.
3. Der Winkel den die SME mit der Oberkieferbasis bildet. Dieser Winkel gibt Auskunft über etwaige horizontale Kippungen der Oberkieferbasis.
4. Der Winkel zwischen der Okklusal-Ebene und der SME gibt Auskunft über dentoalveoläre Veränderungen im Sinne einer Neigung der Okklusionsebene.
5. Der Winkel zwischen der SME und der Bigonial-Ebene gibt über den symmetrischen Aufbau des aufsteigenden Unterkieferastes und damit über basal bedingte Unterkieferfehl-lagen Auskunft.
6. Der Winkel zwischen SME und der intermaxillären Mittellinie, ausgehend von Nsp zu Gn, grenzt alveoläre von mandibulären Mittellinienverschiebungen ab.

7. Der Winkel wird durch zwei vertikal vom Punkt LC zu Go und von Go zu C verlaufende Linien gebildet. Er gibt Auskunft über Gesichtsasymmetrien und einen skelettal bedingten Kreuzbiß.
8. u. 9. Zahnachsenwinkel die zu einer beliebigen Horizontalen, die senkrecht zur SME steht, gemessen werden können. Sie geben zusammen mit den basalen Messungen Auskunft über die Möglichkeit alveolärer Zahnstellungsveränderungen.

Die im vorausgegangenen dargestellten Punkte, Ebenen und Winkel stellen nicht alle möglichen Vermessungen des Schädels in der p - a Orientierung dar. Es zeigt sich auch bei der p - a Aufnahme, wie schon bei der lateralen Fernröntgenaufnahme, daß es viele Autoren beinahe als Verpflichtung ansehen, neue Punkte, Geraden oder andere Orientierungshilfen zu inaugrieren. Ich möchte mich dieser "Verpflichtung" aus klinischer Einsicht entziehen. Aus der durchaus genügenden Anzahl von Punkten, Geraden und Winkeln wurde eine Auswahl vorgeschlagen, die den diagnostischen Anforderungen genügt. Es war mein Anliegen eine praktikable und leicht durchschaubare Methode vorzustellen. Ich habe bewußt darauf verzichtet, durch eine Vielzahl von Angaben die Übersichtlichkeit der p - a Fernröntgenanalyse in Frage zu stellen.

4.2. Röntgenuntersuchungen an einer Fernröntgenanlage mit zwei Strahlungsquellen in zwei Projektionen

Bei der analytischen Beschäftigung mit dem Fernröntgenbild in der Norma frontalis wird man durch die Differenziertheit und Komplexität der vorgegebenen anatomischen Strukturen, immer wieder an die Grenzen der technischen Möglichkeiten geführt.

Es ist deshalb notwendig, sich mit dieser Problematik näher zu befassen, um daraus diagnostischen Nutzen zu ziehen. Meine Überlegungen gingen zunächst in die apparative Richtung. Ich wollte gleichzeitig sowohl seitliche als auch posterior-antérieure Fernröntgenbilder erstellen. Grundvoraussetzung hierfür ist, daß zwei Strahlungsquellen zur Verfügung stehen, die im rechten Winkel zueinander orientiert sind. Im Schnittpunkt beider Zentralstrahlenbündel befindet sich der Schädel des Probanden.

Die Voraussetzungen waren durch das Fernröntgenwinkelgerät (nach Stahl (45)) gegeben. Diese Fernröntgeneinrichtung wurde zuerst im Jahr 1955 durch die Firma Siemens in der Abteilung für Kieferorthopädie der Universität Heidelberg aufgestellt. Das seit 1980 der Universität München zur Verfügung stehende Winkelgerät der Firma Siemens wird mit zwei "Nanador 2" Einpulsgeneratoren mit 220 V Netzspannung und 50 Hz Netzfrequenz betrieben. Am Bedienungspult des "Nanador 2" kann die Röntgenröhrenspannung in 8 Stufen von 50 KV bis auf 90 KV gesteigert werden. Der Röntgenröhrenstrom beträgt konstant 20 mA.

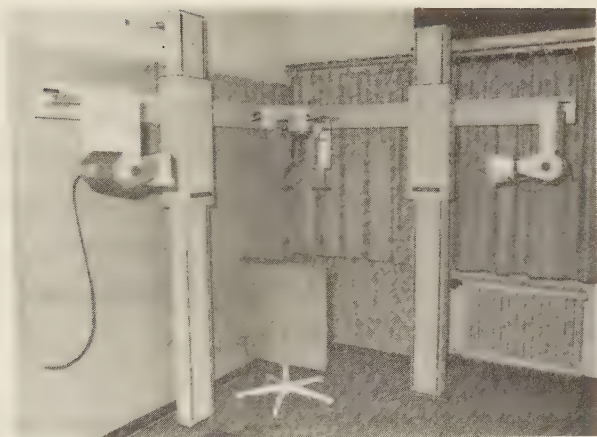


Abb. 23 : Fernröntgeneinrichtung der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität München mit zwei unabhängig voneinander arbeitenden Strahlungsquellen, die rechtwinklig zueinander stehen. Die Röntgenröhren sind synchron beweglich.



Abb. 24 : Einpulsgenerator "Nanodor 2" mit Lichtvisier

Die zulässigen Aufnahmezeiten können in 18 Stufen von 0,1 - 5 Sekunden geregelt werden. Dieser Röntgengenerator ist mit zwei Fernröntgeneinrichtungen, ähnlich dem "Paloceph" der Firma Siemens gekoppelt. Die beiden Strahlungsquellen haben einen Abstand von je 150 cm von der Filmbene. Beide Strahlungsquellen werden gleichzeitig bewegt, so daß die Zentralstrahlrelationen immer gewahrt bleiben. Die Strahler können jedoch unabhängig voneinander betrieben werden.

Selbstverständlich werden die allgemein gültigen röntgentechnischen Voraussetzungen, wie exaktes Ausblenden des Feldes, Filterung, Zentrierung, Strahlenschutz u.a., genauestens beachtet.

Es ist von untergeordneter Bedeutung, mit welcher kephalostatischen Methode die Fixierung des Patientenkopfes bewerkstelligt wird, Voraussetzung ist allerdings, daß der zur Verfügung stehende Kephelostat stabil gebaut ist. Verwendet wird der Wehmer - Kephelostat. In der Poliklinik für Kieferorthopädie sitzt der Patient in entspannter Haltung auf einem Stuhl mit Rückenlehne. Der Kopf wird mit zwei Tragiazeigern, die gleichzeitig als Fixierungshilfen für die Horizontale und Mediansagittale dienen, sowie einer Nasenstütze, die vertikale Veränderungen verhindert, orientiert. Gleichzeitig hat die Nasenstütze auch sagittale Haltefunktion. Zusätzlich zu diesen Stütz- und Orientierungshilfen sind an den beiden Strahlungsquellen Lichtvisiertuben angebracht, die sowohl auf den Hinterkopf des Patienten als auch seitlich auf Ge-

sicht und Ohr, ein Fadenkreuz zeichnen. Unmittelbar vor dem Gesicht und an der linken Gesichtsfläche des Patienten befindet sich je eine Filmkassette. Die Kassettenhalter sind so justiert, daß die jeweilige Kassette senkrecht zum "Zentralstrahl" ausgerichtet ist. Mit einem Winkelmesser aus Metall kann ein Schattenriß auf das Gesicht und auf den Hinterkopf des Patienten projiziert werden, indem der Winkelmesser an die Kassettenrückwand angelegt wird (Abb. 25).

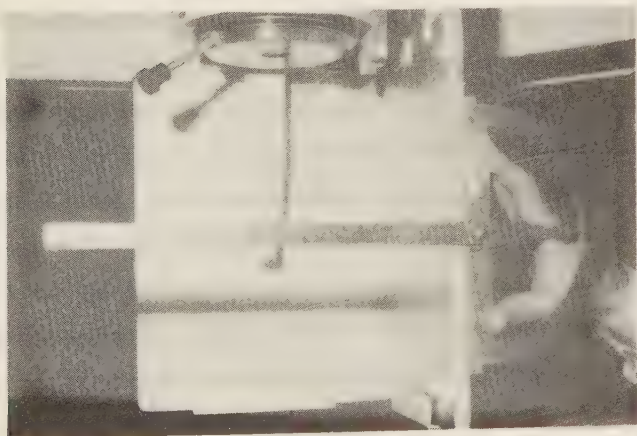


Abb. 25 : Winkelmesser zur zusätzlichen Justierung des Kopfes nach der Ohr-Augen-Ebene.

Es lassen sich auf diese Weise auf Profil und Hinterkopf des Patienten Kontrolllinien projizieren. Diese Linien dienen zu einer notwendigen Korrektur des Lichtvisiers. Auch kann die Änderung der Kopfhaltung gemessen und registriert werden. Mit dieser Methode habe ich Veränderungen der Kopfhaltung zur Ohr-Augen-Ebene kontrolliert, um unter anderem den von Nawrath (30) erwähnten Projektionsvorteil bei Ventralneigung des Kopfes zu überprüfen.

Bei meinen laufenden Untersuchungen richtete ich die Ohr-Augen-Ebene des Probanden senkrecht zur Filmkassette aus. Durch erneutes Nachkontrollieren einmal vorgenommener Justierungen konnte festgestellt werden, daß die eingenommene Kopfhaltung für einen Zeitraum, wie er für die Erstellung einer seitlichen Fernröntgenaufnahme und eines p - a Bildes benötigt wird, in der Regel beibehalten wird. Nach meinen Feststellungen lagen Winkelabweichungen bei Nachkontrollen in der Horizontalen maximal bei 1 - 2 Grad und in der Vertikalen bei bis zu 3 Grad. Diese Ergebnisse berechtigen eine kephalostatische Einrichtung zu benützen, deren Unkompliziertheit sowohl dem Patienten als auch dem Bedienungspersonal keine Probleme bereitet. Eine sorgfältige Überwachung der beweglichen Halterungsteile für Patienten und Kassetten ist allerdings Voraussetzung. Um den Grad der Genauigkeiten der Auswertung der p - a Fernröntgenaufnahme noch zu steigern, wurde die Möglichkeit einer gleichzeitigen Erstellung von Röntgenbildern in der Norma frontalis und der Norma

lateralis erprobt. Die physikalische Problematik war bekannt. Ich hoffte Bilder von genügend guter Qualität, bei vollständiger Nützung der Vorteile, die moderne Filmmaterialien und Verstärkerfolien bieten, zu erhalten.

Es wurde ein feinzeichnender Film mit zwei Emissionsbereichen im blauen und grünen Spektrum verwendet (Du Pont). Dieser Film wird in zwei Ausführungen zur Maschinen- und zur Tankentwicklung angeboten. Die Vorteile der manuellen Entwicklung zeigen sich im Einzelfall durch mehr Transparenz und Wiedergabegenauigkeit. Es ist bei der Tankentwicklung allerdings nicht die immer wiederkehrende Güte der maschinellen Entwicklung zu erreichen, was für den Routinebetrieb von großem Nachteil ist.

Verstärkerfolien (3) sind seit langem eine der wichtigsten Möglichkeiten, die Dosis bei der Röntgenuntersuchung herabzusetzen. Dies geschieht durch Ausnutzung der Eigenschaft bestimmter Metallsalze, unter Einwirkung ionisierender Strahlen eine Lumineszenz zu erzeugen, das heißt aufzuleuchten. Es wird also durch Umwandlung der Röntgenstrahlen in Lichtstrahlen eine zusätzliche Sensibilisierung des Films hervorgerufen. Der auch heute noch am häufigsten verwendete Röntgenleuchtstoff ist das Calciumwolframat (CaWO_4). Mir wurde eine Neuentwicklung, und zwar eine hochverstärkende Folie aus seltenen Erden (SE), genauer eine Yttriumoxysulfidfolie ($\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$) der Firma Siemens empfohlen. Die Folie hat eine

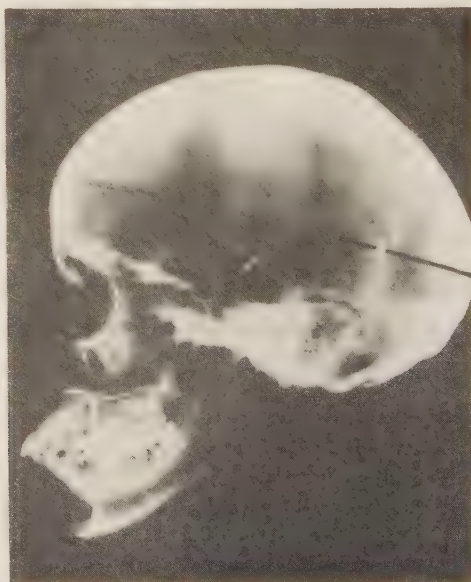
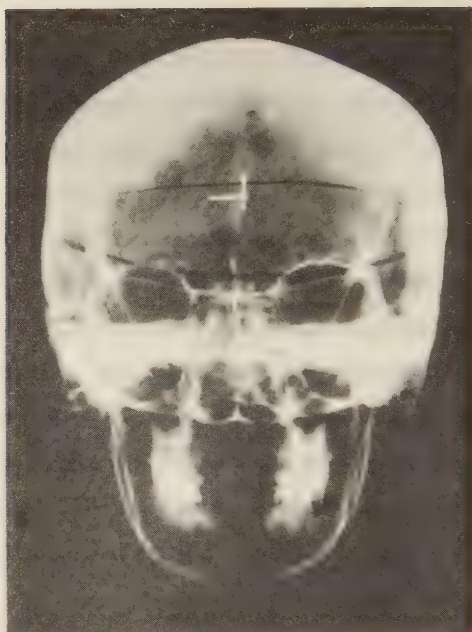
blaue Lichtemission bei 430 nm. Der Vergleich zwischen Calciumwolframat und SE-Folien ergibt, bezogen auf Abbildungsgüte und Verstärkerwirkung, einen deutlichen Vorteil zugunsten der SE-Folie. Bei gleichen Bedingungen ist zur Erreichung der gleichen Detailschärfe bei Verwendung von SE-Folien nur 50 % der Dosis im Vergleich zu konventionellen Folien erforderlich. Dies gilt vor allem für den interessierenden Spannungsbereich zwischen 50 und 90 KV. Hochverstärkende Folien bieten sich gerade dort an, wo Gefahr der Bewegungsunschärfe besteht. Durch geringere Expositionszeit wird dieser Umstand vermindert und dadurch sicherlich die Gesamtauflösung verbessert.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß aufgrund der höheren Empfindlichkeit der SE-Folie es möglich ist, durch Veränderung des FFA ein noch besseres Bild zu erhalten, ohne den Patienten mit mehr Strahlung zu belasten.

Trotz des sicherlich optimalen Materials konnte das Problem der Streustrahlung, die vom Patientenkopf und von der Folie auf den gegenüberliegenden Film abgestrahlt wurde, nicht bewältigt werden. Die erzeugten Bilder zeigten ausnahmslos bei den verschiedensten Stromstärken und Spannungswerten die typisch vage und kontrastarme Wiedergabe, wie sie für die Streustrahlung bekannt ist. Hoffnungen die durch den Skelettschädel geweckt wurden, der bei gleicher Versuchsanordnung brauchbare Bilder abgab, konnten beim Patienten nicht realisiert werden.

Ich beschränkte mich daraufhin die Bilder in der norma frontalis und der norma lateralis in kürzestem Abstand nacheinander zu erstellen. Um diese Technik zu vervollkommen, soll ein Blendensystem erarbeitet werden, das es erübrigt, einen Kassettenwechsel vorzunehmen. Dadurch wird es möglich sein, innerhalb von 3 - 5 sec. die beiden gewünschten Fernröntgenbilder herzustellen. Ich bin mir bewußt, daß dieser Zeitraum auf eine Einzelbelichtung gesehen, eine viel zu lange Zeit darstellen würde, da ja schon Belichtungszeiträume über 1,5 sec. Bewegungsunschärfen in zunehmendem Maße beinhalten. Wir haben es hier jedoch mit zwei Einzelbelichtungen zu tun, weshalb dieser Nachteil bezüglich der Bildqualität nicht zum Tragen kommt.

Abb. 26: Gleichzeitige
frontale und
seitliche Rönt-
genaufnahme ei-
nes mazerierten
Schädels mit
dem Fernröntgen-
winkelgerät
nach Stahl (45).



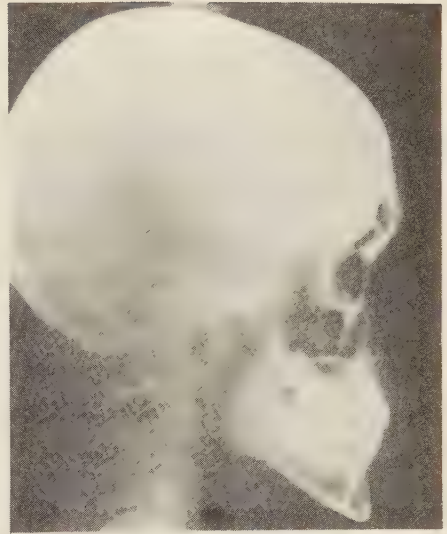
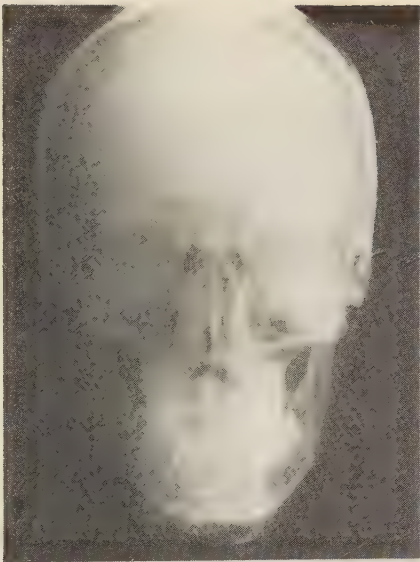


Abb. 27 : Patientenaufnahme mit dem Fernröntgenwinkelgerät p - a und
seitlich gleichzeitig aufgenommen. Alter des Patienten
14 Jahre 2 Monate

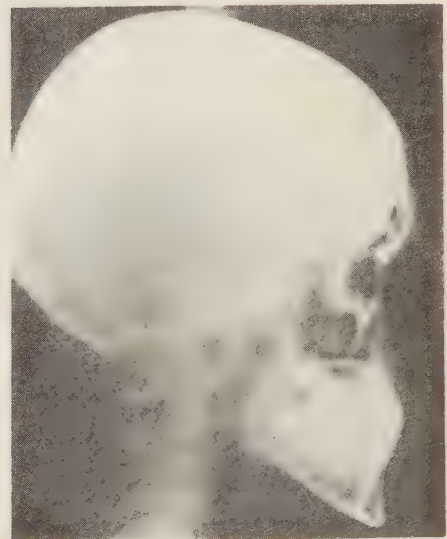
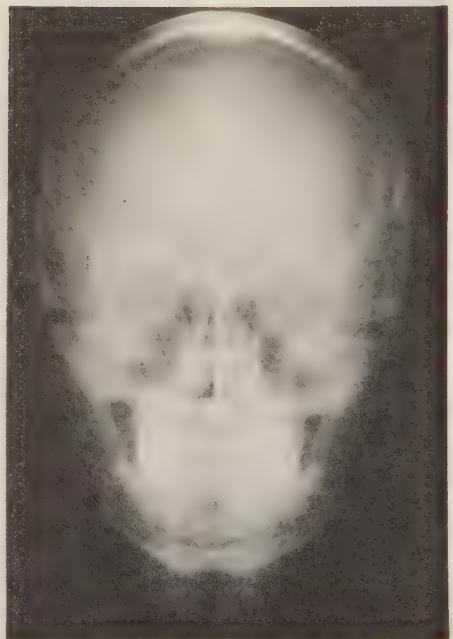


Abb. 28 : Röntgenaufnahme des gleichen Patienten wie Abb. 27 jedoch in
getrennter Belichtungsfolge, mit identischen Belichtungswerten,
mit dem Fernröntgenwinkelgerät aufgenommen.

Abb. 29 : p - a Aufnahme bei einem
15 Jahre 8 Monate alten
Patienten mit Lippen-
Kiefer-Gaumen Spalte mit
15 Grad Neigung zur Ohr-
Augen-Ebene. Physiologi-
sche Ruheschwebe des Un-
terkiefers.



Abb. 30 : 14 Jahre 5 Monate alter
Patient nach der Ohr-
Augen-Ebene ausgerichtet.
Deutlich sichtbarer
Röntgenkontrast durch
Zinnfolien, die an den
ersten Oberkiefermolaren
angebracht worden sind.
Schlußbiß.



Um der Tatsache zu entgehen, daß bei der p - a Aufnahme häufig die Lage und die Achsstellung der Zahnkronen durch Ineinanderprojektion der Zähne oder durch Überlagerung durch das Hinterhauptbein und der Wirbelsäule unübersichtlich wird, verkleidete ich die klinischen Kronen der Sechsjahrmolaren mit einer röntgenkontrastpositiven Zinnfolie, wie sie zum Speicherschutz bei der Multibandbehandlung benützt wird. Durch dieses Vorgehen konnte ich auf jedem Röntgenbild zweifelsfrei die bukkale Wand des jeweiligen Zahns identifizieren.

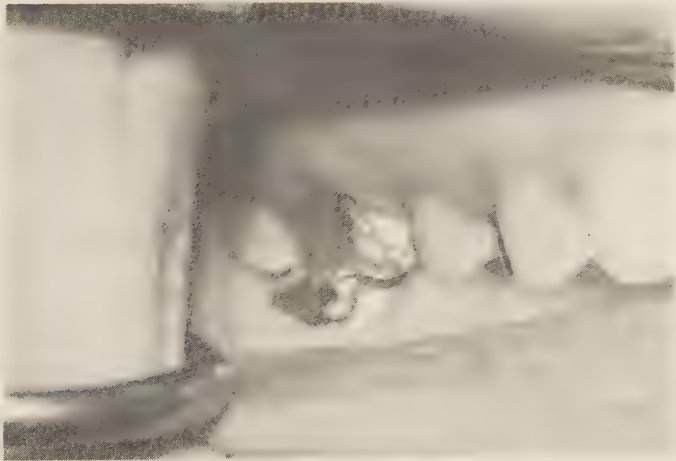


Abb. 31 : Röntgenkontrastgebende Zinnfolie am Sechsjahrmolaren

Für die Fernröntgenaufnahme in der p - a Projektion wurden in Zusammenhang mit dem Fernröntgenwinkelgerät nach Stahl (45) folgende Daten registriert:

Röntgenröhrenspannung	75 - 80 KV
Röntgenröhrenstromstärke konstant	20 mA
Film-Fokus-Abstand	150 cm
Belichtungszeit	1,2 sec

Der angegebene Spielraum von 5 KV bei der Spannung ist der Entscheidung des Untersuchers überlassen; es muß die Weichteilbeschaffenheit des Patienten berücksichtigt werden. Eine starke Weichteilauflagerung im Gesicht erfordert den höheren Spannungswert mit 80 KV.

5. Besprechung der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wird die Thematik der posterior-anterioren (p - a) Fernröntgenaufnahme übersichtlich beschrieben, wobei auf die historische Entwicklung Bezug genommen wird. Theoretische und praktische Überlegungen folgen der Einführung.

Die Arbeit hat die Aufgabe, auf praktikable Lösungen für die klinische Anwendung der gleichzeitigen seitlichen und frontalen Fernröntgenaufnahme hinzuweisen. Diese Aufgabe veranlasste nach Möglichkeiten zu suchen, aufgetretene Schwierigkeiten zu überwinden. So war es möglich, die Zeit zwischen der frontalen und seitlichen Fernröntgenaufnahme zu verkürzen. Dadurch konnten die Eigenbewegungen des Patienten verringert und Projektionsverzerrungen zwischen beiden Aufnahmen vermindert werden.

Mittelpunkt der Bemühungen war, die p - a Röntgenaufnahme-technik auf unkomplizierte Weise zu organisieren. Dabei wurde versucht, möglichst hohe Genauigkeit mit noch geringerem Arbeitsaufwand zu verbinden. So soll auch das vorgeschlagene, leicht zu überblickende Analyseverfahren einen Beitrag zur Auswertung des p - a Fernröntgenbildes leisten. Auch bei schwankender Röntgenbildqualität soll sichergestellt sein, eine gleichbleibende Auswertqualität zu erzielen.

Als einfache Hilfe zur Markierung der bukkalen Flächen der klinischen Kronen der Sechsjahrmolaren schlage ich das Anbringen einer röntgenpositiven Zinnvolie vor.

Durch die fortschreitenden technischen Möglichkeiten wird die Strahlenbelastung des Patienten auf ein Minimum gesenkt. Die zunehmende Vereinfachung des Röntgenvorgangs und der Apparatur verhütet, daß vor allem der kleine, aber auch der erwachsene Patient in eine Streßsituation gebracht wird.

Es ist zu wünschen, daß es zum Wissensstand eines jeden Therapeuten, der sich mit Gesichts- und Hirnschädel befaßt, gehört, eine p - a Aufnahme zu analysieren. Es wäre falsch, dieses wichtige diagnostische Hilfsmittel nur als extravagante Ausnahmeleistung zu betrachten. Bei gegebener Anzeige sollte die p - a Fernröntgenaufnahme durchaus Eingang in die tägliche kieferorthopädische Diagnostik finden. Hier sind insbesondere die Probleme der prognostischen Einschätzung der Kieferbasen zu nennen; es muß bei vielen Patienten frühzeitig die Entscheidung abhängig gemacht werden, ob eine kieferorthopädische Behandlung konservativ durchgeführt werden kann oder ob die Entfernung von Zähnen angezeigt ist. Außer Zweifel steht, daß die okzipito - frontale Fernröntgenaufnahme - in Ergänzung zur seitlichen Fernröntgenaufnahme - bei der Diagnose skelettal-ossärer Abweichungen des stomatognathen Systems eine unentbehrliche diagnostische Hilfe ist. Das p - a Bild eignet sich her-

vorrangend zur Einschätzung der Zahnachsstellung im Molarenbereich. Es kann ihm auch bei der Kontrolle der Mundöffnungsbewegung und bei der Funktionsanalyse der Kiefergelenke eine nicht zu unterschätzende klinische Bedeutung zukommen.

6. Zusammenfassung

1. Vor Herstellung der posterior - anterioren Fernröntgenaufnahme wird angeraten, zuerst eine seitliche Fernröntgenaufnahme zu machen. Unmittelbar anschließend soll die posterior - anteriore Aufnahme bei unveränderter Haltung des Schädels erstellt werden. Nur dadurch bleibt der Vorteil des Fernröntgenwinkelgeräts ausgenutzt. Es sollen Röntgenbilder erhalten werden, bei denen der Kopf in derselben Ebene orientiert ist. Eine unentbehrliche Hilfe ist bei diesem Vorhaben ein stabiler Kephalostat.
2. Die gleichzeitige Herstellung einer posterior - anterioren und einer seitlichen Fernröntgenaufnahme im Fernröntgenwinkelgerät wird nicht empfohlen. Bei gegebener Anzeige müssen die Aufnahmen vielmehr hintereinander gemacht werden.
3. Es wird festgestellt, daß der Fokus - Film - Abstand von 150 cm durchaus genügt, klinisch brauchbare posterior - anteriore Fernröntgenbilder zu erstellen. Bei der seitlichen Fernröntgenaufnahme hat sich schon seit mehreren Jahrzehnten der Fokus - Film - Abstand von 150 cm durchgesetzt.
4. Zur besseren Darstellung der Zähne werden entsprechende Hilfsmittel (Zinnfolie) angegeben.
5. Nach der bisherigen Übersicht ist zu empfehlen, den Kopf bei der posterior - anterioren Fernröntgenaufnahme so zu orientieren, daß die Ohr-Augen-Ebene senkrecht zur Filmebene orientiert ist.

6. Es wird eine Methode zur Auswertung der posterior - anterioren Fernröntgenaufnahme des Gesichtsschädels vorgeschlagen, die einfach und überschaubar ist und den Anforderungen der klinischen Diagnostik genügt.

Literaturverzeichnis

1. Andresen, V. und K. Häupl : Funktionskieferorthopädie.
5. Auflage, Joh. Ambrosius Barth Verlag,
München 1953
2. Angle, E.H. : Classification of Malocclusion
Dental Cosmos 41, 350-357 (1899)
3. Beyer, H.K. und B. Schulze : Neue Verstärkerfolien in der Röntgen-
diagnostik
Röntgenpraxis, 34, 387-394 (1981)
4. Bimler, H.P. : Die kephalometrische Analyse
Eigenverlag, 2. Auflage, Wiesbaden 1973
5. Braun, D. : Die Kieferkompression im frontalen Fern-
röntgenbild
Med. Diss. Tübingen 1966
6. Broadbent, B.H. : A new X-Ray Technique and its Application
to Orthodontia
The Angle Orthodontist 1, 2, 45-66 (1931)
7. Carrea : zit. n. J. Kulkarni 1958
8. Dausch-Neumann, D.: Die Fernröntgenaufnahme in der Norma
frontalis bei der Progenie
Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift
15, 22, 1522-1529 (1960)
9. Ders. : Enface-Bild in der Kieferorthopädie
Fortschritte der Kieferorthopädie
28, 2, 159-166 (1967)
10. Davis, W.B. : Anatomy of the Nasal Accessory Sinuses
in Infancy and Childhood
Americ. Otolog. Rhin. Laryng.
27, 940 (1918)
11. Doering, W.B. : A Statistical Analysis of Cranial and
Facial Dimensions in the Frontal Plane
M.S.D. Thesis, Northwestern University
1950
12. Eicher, W. : Reproduktionsgenauigkeit eines dreidi-
mensionalen kephalometrischen Koordina-
tensystems
Med. Diss. Bern 1961

13. Filthuth, J. und F. Schmid : Grundlagen der radiologischen Schädel-metrik
Monatsschrift für Kinderheilkunde
109, 6, 294-302 (1961)
14. Garson : zit. n. H.P. Bimler 1973
15. Genone, B.G. : Archform Related to Face Structure and Function. The Human Dental Arch a Biostructural Analysis to Clinical Orthodontics.
Journal of the Tweed International Foundation Vol. IX, March 1981
16. Harvold, E. : Cleft Lip and Palate
American Journal of Orthodontics
40, 7, 493 (1954)
17. Hausser, E. : Der Intra- und Intermaxilläre Symmetrievergleich
Zeitschrift für Zahnärztliche Orthopädie
31, 3, 47-62 (1939)
18. Hofrath, H. : Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalie
Fortschritte der Orthodontie
1, 232-258 (1931)
19. Hoffmann, W. : Die frontale Photostataufnahme in der Kieferorthopädie
Med. Diss. Tübingen 1967
20. Izard, G. : La Pratique Stomatologique
Masson & Cie, Paris 3. Auflage, 1950
21. Kantorowicz, A. : Klinische Zahnheilkunde
Hermann Meuser Verlag, Berlin, Band 2, 1932
22. Kollmann : zit. n. H.P. Bimler 1973
23. Korkhaus, G. : Gebiß-, Kiefer- und Gesichtorthopädie
Aus Bruhn, Chr., Handbuch der Zahnheilkunde,
Bergmann Verlag, München, Band 4, 1939
24. Ders. : Entwicklungsstörungen des Oberkiefers und des Mittelgesichts
Fortschritte der Kieferorthopädie
18, 1, 24-25 (1957)

25. Ders. : Die Bedeutung der Fernröntgenaufnahme
für die kieferorthopädische Praxis
Fortschritte der Kieferorthopädie
20, 1, 18-21 (1959)
26. Kulkarni, J. : Die Röntgenaufnahme in der Norma
frontalis
Med. Diss. Bonn 1958
27. Margolis, H.J. : Standardised X-Ray Cephalographics
American Journal of Orthodontics and
Oral Surgery 26, 8, 725-740 (1940)
28. Martin, R. : Lehrbuch der Anthropologie
Verlag G. Fischer, Jena, 2. Auflage
1928
29. Mulick, J.F. : Clinical Use of the Frontal Headfilm
The Angle Orthodontist
35, 4, 299-304 (1965)
30. Nawrath, K. : Möglichkeiten und Grenzen der Kephalo-
metrie
Habilitationsschrift Mainz 1961
31. Ders. : Beitrag zur Herstellung von p - a
Röntgenaufnahmen des Kopfes
Fortschritte der Kieferorthopädie
24, 1, 75-80 (1963)
32. Pacini : zit. n. J. Kulkarni (1958)
33. Rethmann, H. : Kieferorthopädisches Repititorium
Carl Hanser Verlag, München,
2. Auflage 1954
34. Ricketts, R.M. : Cephalometric Synthesis
American Journal of Orthodontics
46, 4, 647 (1960)
35. Saller, K. : Leitfaden der Anthropologie
Fischer Verlag, Stuttgart,
2. Auflage 1964
36. Sassouni, V. und : Syllabus in Röntgenographic Cephalo-
R. Krogmann metrics
Philadelphia 1957
37. Sassouni, V. : Position of the Maxillary 1st Perme-
nent Molar in the Cephalofacial Complex
American Journal of Orthodontics
43, 7, 477-510 (1957)

38. Schopf, P. : Die frontale Röntgenaufnahme des Schädels und ihre Bedeutung in der kieferorthopädischen Diagnose und Prognose
Med. Diss. Mainz 1961
39. Schwarz, A.M. : Lehrgang der Gebißregelung
Urban und Schwarzenberg, Wien-Innsbruck, Bd. 1, 2. Auflage, 1951
40. Senior, B. und L. Langford : Die Bioprogressive Therapie
zit. n. Ricketts 1978
41. Siemens AG, Bereich Medizini-
sche Technik : Bedienungsanleitung für Paloceph SH
und Nanodor 2, 1980
42. Simon, P.W. : Gnathostatik - Neue Wege der orthodonti-
schen Diagnostik
Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde
37, 2, 33 (1919)
43. Ders. : Grundzüge einer systematischen Diagno-
stik der Gebißanomalien
Hermann Meuser Verlag, Berlin 1922
44. Stahl, A. : Frankfurter Horizontale, H-Linie,
Kiefergelenk-Augenlinie, Profilphoto-
graphie und Fernröntgenseitenbild
Stoma 13, 3, 204-211 (1960)
45. Ders. : persönliche Mitteilung, 1982
46. Strauß, H. : zit. n. W. Hoffmann 1967
47. Subtelney, J.D. : Width of the Nasopharynx and Related
Anatomic Structures in Normal Unoperated
Cleft Palat Children
American Journal of Orthodontics
41, 12, 889-909 (1955)
48. Ulrich, A. : Untersuchungen über die metrische Aus-
wertbarkeit des p - a Röntgenbildes bei
der forcierten Dehnung des Oberkiefers.
Med. Diss. Zürich 1963
49. Welker, H. : Das Profil des menschlichen Schädels
mit Röntgenstrahlen am Lebenden darge-
stellt
Korrespondenz Blatt der Deutschen
Gesellschaft für Anthropologie
27, 38-39 (1896)

50. Woods, G.A. : Changes in the Width Dimensions between Certain Teeth and Facial Points during Facial Growth
American Journal of Orthodontics
36, 676 (1950)

Herrn Professor Dr. Arnulf Stahl danke ich
ganz besonders für die Überlassung des The-
mas, für seinen vielfachen wertvollen Rat
und die Korrektur der Arbeit.

Lebenslauf

Ich Josef Arnold, wurde am 30.9.1946 in Ingolstadt geboren. Nach dem Besuch von 5 Klassen Volksschule in Ingolstadt von 1952 - 1957, besuchte ich bis zum Abitur 1966 die Oberrealschule für Knaben in Ingolstadt.

Vom Wintersemester 1966 bis Sommersemester 1972 studierte ich Medizin an der Ludwig Maximilian Universität München und schloß dieses Studium mit dem Staatsexamen in Medizin im Dezember 1972 ab.

Die ärztliche Approbation erfolgte 1974 nach ableisten der Medizinalassistentenzeit. Assistententätigkeit wurde in der internen Abteilung des städtischen Krankenhauses Ingolstadt und im Rheumazentrum Bad Abbach geleistet. Es schloß sich Assistententätigkeit auf dem Gebiet der Bauch- und Unfallchirurgie im städtischen Krankenhaus in Ingolstadt an.

Der Beginn des Studiums der Zahnheilkunde erfolgte im Wintersemester 1975.

Die Approbation zum Zahnarzt wurde mir 1977 erteilt.

Im Jahr 1978 widmete ich mich einer allgemein Zahnärztlichen und kieferchirurgischen Tätigkeit im Krankenhaus München Schwabing.

Von 1979 - 1981 fand die kieferorthopädische Weiterbildung in einer Ausbildungspraxis, anschließend bis 1982 an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität München statt. Im Jahr 1982 erfolgte die Promotion zum Doktor medicinae dentariae an der Technischen Universität München. Im gleichen Jahr erhielt ich von der Bayrischen Landeszahnärztekammer die Anerkennung der abgeschlossenen Weiterbildung als "Kieferorthopäde".

